

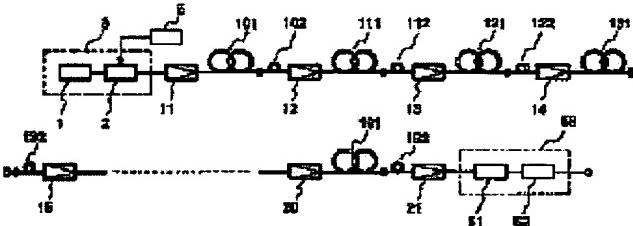
## OPTICAL COMMUNICATION TRANSMISSION SYSTEM

**Patent number:** JP6318914  
**Publication date:** 1994-11-15  
**Inventor:** HENMI NAOYA; others: 02  
**Applicant:** NEC CORP  
**Classification:**  
- **international:** H04B10/16; G02B6/00; H04B10/18  
- **european:**  
**Application number:** JP19920162338 19920622  
**Priority number(s):**

### Abstract of JP6318914

**PURPOSE:** To enlarge a repeating interval and to reduce the cost of an entire system in an optical amplifying relay system.

**CONSTITUTION:** It is necessary for the optical amplifying relay system to match a signal wavelength with a zero distribution wavelength in order to avoid the influence of the distribution of optical fibers. When a repeating output is increased more than +5dBm in the transmission using these optical fibers, however, transmission characteristics are degraded by non-linear effects inside the optical fibers being the transmission lines. Therefore, the output of the relay amplifier is limited and as a result, it is necessary to shorten the repeating interval. In order to avoid the non-linear effects inside these optical fibers, the distributed values of fibers 101, 111, 121, 131...191 for transmission are set excepting for zero for each relay block, and optical fibers 102, 112, 122, 132...192 are inserted for compensating the wavelength distribution of these fibers for transmission. Thus, an optical multistage relay system not to degrade the transmission characteristic even by the high repeater output about +10dBm can be constructed.



---

Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-318914

(43)公開日 平成6年(1994)11月15日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 04 B 10/16

G 02 B 6/00

H 04 B 10/18

9372-5K

6920-2K

H 04 B 9/00

G 02 B 6/00

J

C

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平4-162338

(22)出願日

平成4年(1992)6月22日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 逸見 直也

東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式  
会社内

(72)発明者 中谷 正吾

東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式  
会社内

(72)発明者 斎藤 朝樹

東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式  
会社内

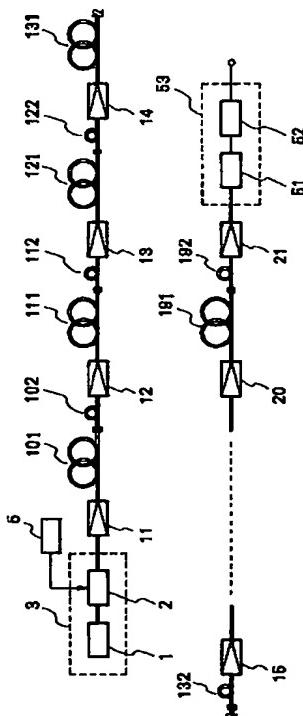
(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54)【発明の名称】 光通信伝送系

(57)【要約】

【目的】 光増幅中継系において、中継間隔の拡大を図り、全システムのコスト低減を目的とする。

【構成】 光増幅中継系においては光ファイバの分散の影響を避けるため信号波長を零分散波長に一致させる必要がある。しかしこのような光ファイバを用いた伝送においては、中継出力+5dBm以上と増大させると伝送路である光ファイバ内での非線形効果で伝送特性が劣化する。このため中継増幅器出力が制限されひいては中継間隔を短くする必要がでてくる。本発明ではこの光ファイバ内での非線形効果を回避するため、各中継区間毎に伝送用ファイバ101、111、121、131、…191の分散値を零以外に設定し、この伝送用ファイバの波長分散を補償する光ファイバ102、112、122、132、…192を挿入する構成を用いる。この構成を用いることで+10dBm程度の高中継器出力にも伝送特性が劣化しない光多段中継系を構築することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光送信器と、伝送用光ファイバと、光直接増幅中継器と光受信器を用いる光多段直接増幅中継伝送系において、送信器—光増幅中継器間、前記光増幅中継器間、あるいは光増幅器—光受信器間を接続するそれぞれの区間の伝送用光ファイバが、前記光送信器の送信波長において波長分散が零と異なる値の複数の光ファイバ群継続接続により構成されており、該伝送用光ファイバの各区間での光ファイバ群波長分散総和が零となることを特徴とした光通信伝送系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光ファイバ伝送系において、高速・超長距離の伝送系を提供する。

## 【0002】

【従来の技術】 光通信システムは、光の広帯域性を利用し大容量の情報を伝送できるため、将来の高度情報化社会の伝送網用の通信システムとして大いに期待されている。実際従来のマイクロ波帯あるいはミリ波帯の通信では難しかった10Gb/sといった超大容量通信がオプティカルコミュニケーションコンファレンステクニカルダイジェスト(1990年)に報告されている(テツユキスザキ他,"10Gb/s optical transmitter module with multi quantum well DFB LD and doped-channel hetero-MIS FET driver IC," 1990年 Optical Fiber Communication ConferenceテクニカルダイジェストTUI2 1990年)。

【0003】 しかしこのような大容量通信においては、伝送路である光ファイバの波長分散により伝送後に大きな波形歪をきたし、伝送特性を大いに劣化させることも知られている。このため、光送信器に用いられる光源の波長帯において波長分散が零である光ファイバを用いる伝送が報告されている。また、光ファイバ分散が完全に零にならない場合には、この分散量を補償するため分散補償用の光ファイバを伝送路に挿入することが特開昭62-65530号及び特開昭62-65529号に記載されている。

【0004】 近年エルピュームファイバ増幅器の出現に伴い、光直接増幅中継系の検討も盛んに行われている。このような光伝送系では光ファイバの波長分散の影響は非常に大きいため、零波長分散光ファイバを用いた伝送が検討されている。また、実際の伝送路では、完全に零分散条件を光ファイバ全長にわたって満足できないため、この微少な分散の影響を抑圧するための送信、受信側での分散補償技術も提案されている。例えばオプティカルファイバーコミュニケーションコンファレンス(1990年)のPD7とPD8に記載されている。(エー

・エイチ・グノーク他,"Optical Equalization of Fiber Chromatic Dispersion in a 5-Gb/s Transmission system," 1990年 Optical Fiber Communication Conference ポストデッドラインペーパーPD7およびナオヤヘンミ他,"A Novel Dispersion Compensation Technique for Multigigabit Transmission with Normal Optical Fiber at 1.5 micron Wavelength," 1990年 Optical Fiber Communication Conference ポストデッドラインペーパーPD8)

【発明が解決しようとする課題】 光直接増幅中継系において伝送特性を劣化させる原因是、前述の光ファイバ内の波長分散だけではない。多段直接増幅中継系における雑音蓄積効果、光ファイバ内での非線形効果が伝送特性を大いに劣化させることも知られている。前者の雑音蓄積効果の影響を抑圧するためには伝送光パワーを大きくすることが、後者の非線形効果の影響を抑圧するためには伝送光パワーを小さくすることが要求されるため、この両者を同時に抑圧することは困難であった。また、特に光ファイバ内の非線形効果に関しては不明な点も多く、劣化原因が特定されていなかった。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の光多段直接増幅中継伝送系は、光送信器と、伝送用光ファイバと、光直接増幅中継器と光受信器を用いる光多段直接増幅中継系において、送信器—光増幅中継器間、前記光増幅中継器間、あるいは光増幅器—光受信器間を接続するそれぞれの区間の伝送用光ファイバが、前記光送信器の送信波長において波長分散が零と異なる値の複数の光ファイバ群継続接続により構成されており、該伝送用光ファイバの各区間での光ファイバ群波長分散総和が零となることを特徴とした光通信伝送系である。

## 【0006】

【作用】 本発明の光直接増幅中継系は、各伝送区間毎に40 総波長分散量を零となるように設定し、かつ伝送用光ファイバの分散値が信号光波長で零となる光ファイバ伝送路として用いないあるいは用いる距離を短くした光伝送系である。

【0007】 光多段直接増幅中継系の伝送特性を劣化させる要因は、多段中継後の自然放出光雑音の蓄積効果、光ファイバの波長分散、光ファイバ内の非線形効果の3つである。自然放出光雑音の蓄積効果の影響を避けるためには各直接増幅中継器の出力を大きくする必要があるが、光ファイバ内の非線形効果を抑圧するためには中継器出力を小さくすることが要求される。前者の蓄積雑音

効果は理論的に回避できない効果であるため、中継器出力レベルを大きくしても光ファイバ内の非線形効果を小さく抑圧することが必要である。光ファイバ内の非線形効果としては、自己位相変調効果が大きいと考えられている。しかし我々は後述の伝送実験を通じ、自己位相変調効果の他に多段直接増幅系の各区間毎に光ファイバ内の非線形効果によって生じると考えられる雑音増加効果を見いだした。この雑音増加は伝送距離が増大するにつれて増大し、雑音は伝送路全長に渡って生じていることもわかった。この効果は自己位相変調効果に比較して大きなスペクトル広がり、信号対雑音比劣化を引き起こすため、伝送限界はこの光ファイバ内非線形効果で主に制限されていることがわかった。

【0008】この光ファイバ内の非線形効果は、伝送光パワーが大きい時に生じ、伝送用光ファイバが信号光波長で零でないときに生じにくくことも実験的に明確にされた。

【0009】そこで、伝送用光ファイバとして信号光波長が零でない光ファイバを用いれば、伝送光パワーが大きい時にもこの光ファイバ内非線形効果を抑圧することができる。

【0010】但しこの際、光ファイバ内の波長分散の影響も回避する必要がある。

【0011】光ファイバの波長分散は、自己位相変調効果を考慮しない場合には全長にわたっての波長分散総和が零となれば良く、受信側に伝送路総分散を補償するファイバを挿入する方法が考えられる。しかし高速・超長距離伝送では自己位相変調の影響が無視できないため、このような従来知られている受信端だけの補償用光ファイバでは補償できない。この自己位相変調の影響を抑圧するためには短い伝送距離毎に総波長分散量を零とする必要がある。そこで本発明では各区間毎に総波長分散量を零とする光ファイバを挿入し、自己位相変調効果の影響を避けている。

【0012】また、前記に光ファイバ内非線形効果に起因した雑音（スペクトル広がり）は前述のように伝送路全長に渡って生じているため、受信側のみで補償用ファイバを用いると、伝送路のはじめで生じた雑音は信号光と同時に受信されるが、後方で生じた雑音は異なる時間に受信され雑音となって受信特性を劣化させてしまう。本発明では補償用光ファイバを分布させて配置しているため、この雑音も生じない。

【0013】以上の様に本発明の光直接増幅中継系を用いることで、高速・超長距離の伝送が可能となる。本発明を説明する前に従来の光通信伝送系について説明する。図5は従来の光直接増幅中継系である。

【0014】まず図5を用いて従来の光直接増幅中継系の動作について具体的に説明する。

【0015】光送信器3は、半導体レーザ光源1から出力された光パワーを、変調信号源5から出力された10

G b/sの信号で駆動されたニオブ酸リチウムの外部変調器2で強度変調し、光パワー増幅器11に出力する。光パワー増幅器11は、エルピュームドープ光ファイバ増幅器であり、この増幅器を用いて信号光レベルを増幅し、第1の伝送路用光ファイバ101に出力している。

このとき、信号光レベルが10 dBm以上となる場合には伝送用ファイバ内のブリュアン散乱の影響を避けるため、従来から良く知られている半導体レーザの直接FM変調等の技術を用い、半導体レーザの線幅を予め広げている。光ファイバ101を通過した光信号は、エルピュームドープ光ファイバ増幅器である光直接増幅中継器12で再び増幅され、第2の伝送路用光ファイバ111に出力される。第2の伝送路の信号光を第2の光直接増幅中継器13で増幅し第3の伝送路121へ出力するという具合に光多段増幅中継系を構成している。

【0016】受信側では、最後の光伝送路191を伝送されてきた信号光を光前置増幅器21で増幅し、光受信器53で受信している。光受信器53は光電変換素子であるPINフォトダイオード51を用いて受信信号光を電気信号に変換した後、等化増幅、再生回路52で送信されてきた変調信号源5からの10 Gb/sの信号を再生している。

【0017】本系において、まず半導体レーザ光源の波長を1.552 μmに設定し、光ファイバ101、111、121、131、191に1.552 μmに零分散を有する分散シフトファイバ100 kmを用いて9段多段直接増幅1000 km中継伝送を行った。ここで分散シフトファイバ100 kmの伝送損失は22-23 dBであり、光パワー増幅器11、光増幅中継器12、13、14、15、20、光前置増幅器21の雑音指数は8-9 dBであった。光パワー増幅器11、光増幅中継器12、13、14、15、20の出力レベルを1 dBm程度に設定すると、それぞれの光増幅中継器への入力信号光パワーレベルが-21--22 dBmと低下するため、自然放出光雑音蓄積による雑音増加で受信できなかった。そこで、直接増幅中継器出力レベルを増加させて伝送を行ったが、信号レベルを+11--+12 dBmまで上昇させても良好な伝送特性を得ることはできなかった。伝送信号光パワーを上昇させた場合の受信信号スペクトルを図2に示す。伝送信号光レベルを上昇させた場合、信号光スペクトルは光ファイバ内の非線形効果で返って信号対雑音比が低下していることがわかる。

【0018】次に本発明のための予備実験として同一の伝送系で、半導体レーザ光源の波長を1.547、1.557 μmに変化させ、同一の実験を行った。ここで分散シフトファイバ101、111、121、131、191は各波長でそれぞれ-0.35 ps/km/nm、+0.35 ps/km/nmの分散値を有している。図3、図4に示すように伝送後のスペクトルを観測すると、正負分散値いずれの場合にも伝送後の信号対雑音比

が回復されていることがわかる。しかし伝送路全体での分散量が大きいため、伝送後の波形歪が大きく受信できなかつた。光ファイバ内の非線形効果による伝送特性劣化は従来自己位相変調による波形歪と考えられてきたが、この伝送実験では、光ファイバ内での非線形性による雑音増加効果が観測されている。この雑音増加効果の原因は現状では不明であるが、光ファイバ内の零分散波長に信号光がある場合に大きく、分散値が零でない場合に小さいことを筆者らは実験により明確にした。また、伝送距離を増加するに従い雑音成分が増加することも観測され、この雑音は伝送路である光ファイバ全長にわたり発生していること、ただし負分散領域ではこの雑音増加抑圧が顕著であることもわかつた。

#### 【0019】

【実施例】図1は本発明の一実施例の光直接増幅中継系の構成図である。

【0020】図1を用いて2の実施例の動作について説明する。半導体レーザ光源1の波長を1.547μmにし、伝送路である光ファイバ101、111、121、131、…191は図2～図4の実験で用いた1.552μmに零分散を有する分散シフトファイバを用いた。

さらに図5の中継系においてそれぞれの分散シフトファイバの波長分散を補償する通常分散ファイバ102、112、122、132、…192を各伝送路区間毎に分散シフトファイバの後に挿入した。各区間毎の分散シフトファイバの分散量は100kmで-35ps/nmであるため、通常分散ファイバ約2km（分散値35ps/nm）を縦続接続し、各区間の総和分散量を0ps/nm付近に設定した。この結果+8dBm以上の中継器出力の場合に伝送後受信感度劣化1dB程度の良好な伝送特性を得ることができた。

【0021】以上の結果から、従来の光直接増幅中継系では、高速・超長距離光直接増幅中継系を実現することは困難であるが、本発明を用いることで実現できることが示された。

【0022】本発明にはこの他にも多数の変形例がある。送信波長を伝送光ファイバの正分散波長帯に設定し、この分散を補償する光ファイバとして負分散ファイバを用いることもできるし、分散絶対値の等しい負分散と正分散のファイバを等距離用いることもできる。また、各区間に使用する光ファイバも2種類に限らず3種類以上でも良い。各区間毎の総和分散量を零付近に設定すれば、正負それぞれの光ファイバ長を各区間で自由に設定できる。中継段数も9段に限ることなく20段、1

00段、またこれ以上、以下でも良い。各区間長も100kmに限ることなく50km、150km、またこれ以上これ以下でも良い。また使用するビットレートは10Gb/sに限ることなく、2.5Gb/sでも5Gb/sでも20Gb/sあるいはそれ以上それ以下であっても良い。

【0023】変調方式は強度変調に限らず、周波数変調、位相変調でも良い。受信方式は直接検波方式だけでなく、ヘテロダイン検波を用いることもできる。多段直10接増幅中継系に用いる光増幅器もエルビュームドープファイバ増幅器に限らず半導体レーザ増幅器、プラセオジウムドープ光ファイバ増幅器、光ラマン増幅器でも良い。また送信光源の波長帯も1.5μm帯に限ることなく、1.3μm帯を用いることができる。

【発明の効果】以上説明したように本発明を用いれば、光直接増幅中継系において伝送路である光ファイバの分散値を送信波長において零に一致させないことで、光ファイバ内の非線形性効果の抑圧を行つたので、光直接増幅中継系の伝送パワーの増大、ひいては超高速・超長距離の光直接増幅中継系を容易に実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例

【図2】多段直接増幅中継伝送後の光信号スペクトル

【図3】多段直接増幅中継伝送後の光信号スペクトルの図である。

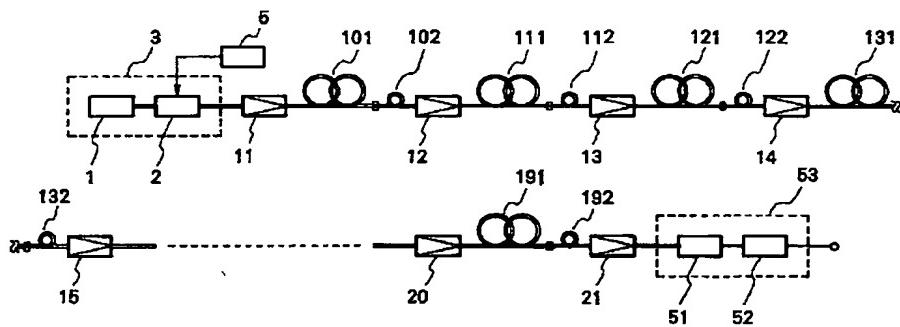
【図4】多段直接増幅中継伝送後の光信号スペクトルの図である。

【図5】従来の技術を説明するための図である。

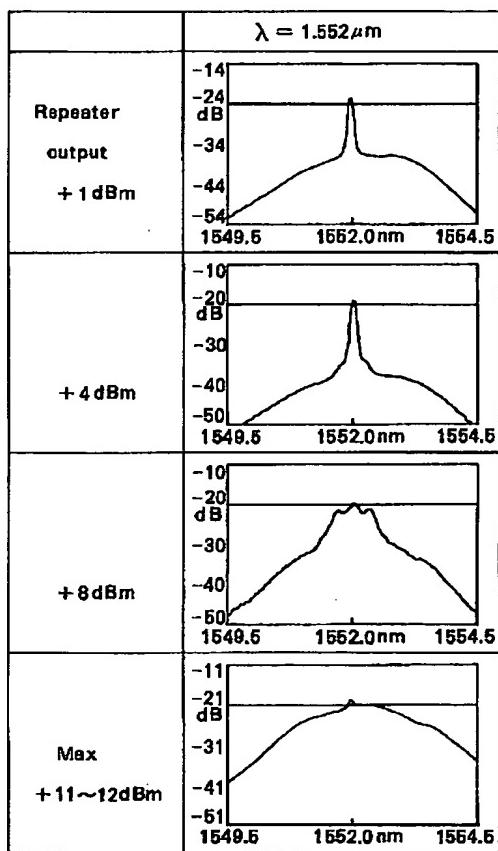
#### 【符号の説明】

- |    |                     |              |
|----|---------------------|--------------|
| 30 | 1                   | 半導体レーザ光源     |
|    | 2                   | 外部変調器        |
|    | 3                   | 光送信器         |
|    | 5                   | 変調信号源        |
|    | 11                  | 光パワー増幅器      |
|    | 12、13、14、15、20      | 光直接増幅中継器     |
|    | 21                  | 光前置増幅器       |
|    | 101、111、121、131、191 | 分散シフトファイバ    |
|    | 102、112、122、132、192 | 通常分散ファイバ     |
| 40 | 51                  | PIN フォトダイオード |
|    | 52                  | 等化増幅再生回路     |
|    | 53                  | 光受信器         |

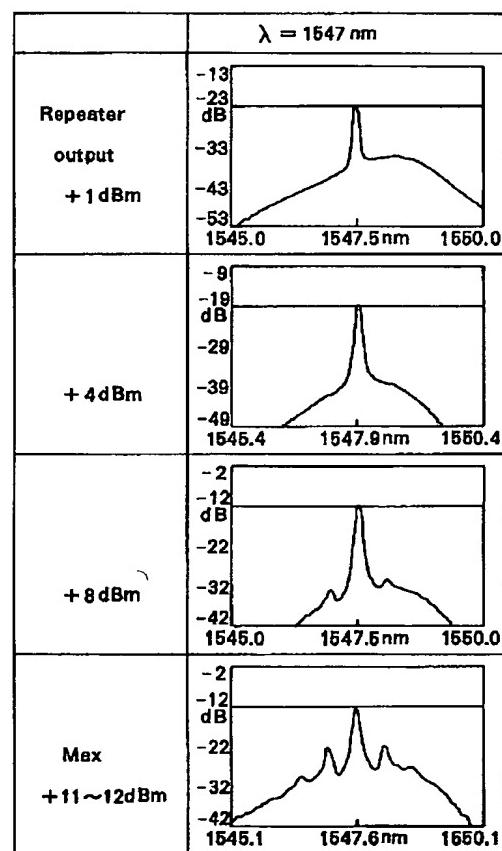
【図1】



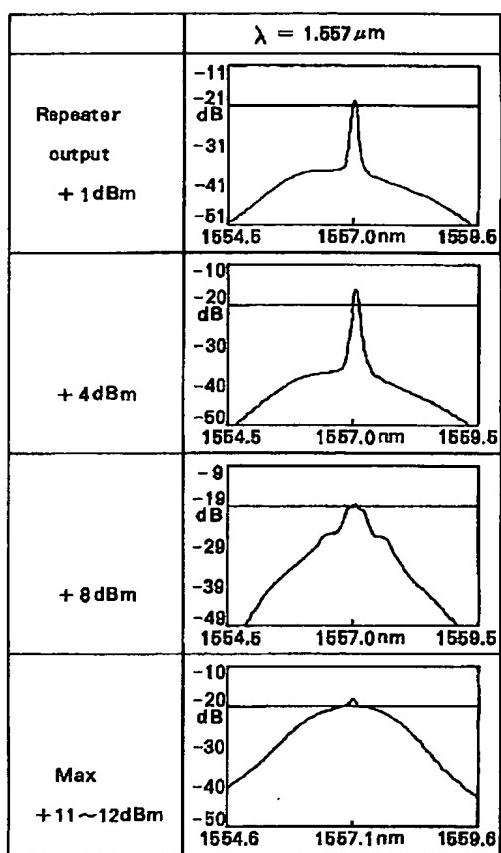
【図2】



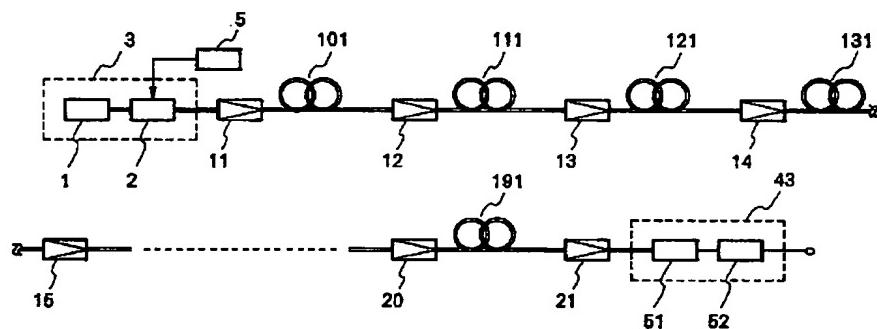
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5

識別記号

庁内整理番号

9372-5K

F I

H 0 4 B 9/00

技術表示箇所

M